

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-036395

(43)Date of publication of application : 07.02.1997

(51)Int.Cl.

H01L 31/04

(21)Application number : 07-180461

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 17.07.1995

(72)Inventor : HASEBE AKIO
UENO YUKIE
NIIKURA SATOSHI
ICHINOSE HIROBUMI
MURAKAMI TSUTOMU

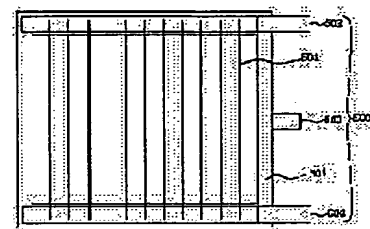
(54) PHOTOVOLTAIC DEVICE AND ITS FORMING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To lessen defects of adhesion and the dispersion of initial series resistances by winding a collecting electrode round a projection provided on a metal board, applying pressure and deforming it after that, and joining the collecting electrode to the metal board by heating.

SOLUTION: Tabs 502 and a minus electrode 503 of hard copper are provided. Covered wires are stretched as a collecting electrode 504 between both tabs 502 in such a way as to be put within an effective area by wire wrapping. The pins of the tabs are bent, and attached by using an application device. And adhesion by heat and pressure is performed by the use of a heater, to cause the collecting electrode 504 to adhere to the tabs and the cell surfaces of a solar cell board 501, and a triple cell thirty centimeters square is manufactured.

That is a photovoltaic device is formed by winding collecting electrode 504 round a projection provided on a metal board, and applying pressure and deforming the projection after that to join the collecting electrode 504 to the metal board. By adopting this forming method, it becomes possible to obtain photovoltaic devices having excellent characteristics and high reliability too.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-36395

(43) 公開日 平成9年(1997)2月7日

(51) Int.Cl.⁵
H 0 1 L 31/04

識別記号 庁内整理番号

F I
H 0 1 L 31/04

技術表示箇所

M

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平7-180461

(22) 出願日 平成7年(1995)7月17日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 長谷部 明男

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ
ン株式会社内

(72) 発明者 上野 雪絵

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ
ン株式会社内

(72) 発明者 新倉 諭

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ
ン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 福森 久夫

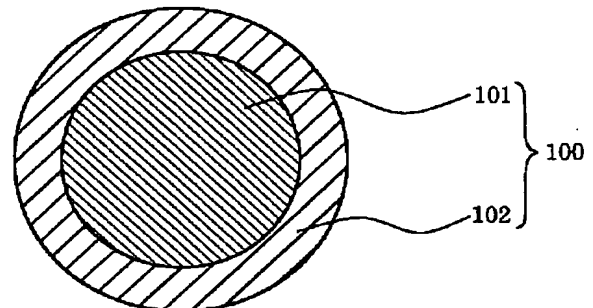
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光起電力素子及びその形成方法

(57) 【要約】

【目的】 集電電極とバスバーを機械的・電気的に安定な接合状態とし、初期の歩留が良好で、長期信頼性に優れた光起電力素子及びその形成方法を提供する。

【構成】 本発明の光起電力素子の形成方法は、金属ワイヤからなる集電電極と、該集電電極と接する金属板からなる端子とを有する光起電力素子の形成方法において、前記金属板に付設された突起に前記集電電極を巻き付けた後、前記突起を加圧して変形、又は加圧して変形後、加熱することにより、前記集電電極と前記金属板を接合する。また、本発明の光起電力素子は、少なくとも1つ以上のp n接合またはp i n接合からなる半導体層と、該半導体層の光入射側に配設された透明電極と、該透明電極上に配設された集電電極と、該集電電極と接する金属板からなる端子とを有する光起電力素子において、前記請求項1又は2に記載された光起電力素子の形成方法により、前記集電電極と前記端子が接合された。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属ワイヤからなる集電電極と、該集電電極と接する金属板からなる端子とを有する光起電力素子の形成方法において、前記金属板に付設された突起に前記集電電極を巻き付けた後、前記突起を加圧して変形、又は加圧して変形後、加熱することにより、前記集電電極と前記金属板を接合することを特徴とする光起電力素子の形成方法。

【請求項2】 前記金属ワイヤが、導電性接着剤からなる被覆層を有することを特徴とする請求項1に記載の光起電力素子の形成方法。

【請求項3】 少なくとも1つ以上のpn接合またはpin接合からなる半導体層と、該半導体層の光入射側に配設された透明電極と、該透明電極上に配設された集電電極と、該集電電極と接する金属板からなる端子とを有する光起電力素子において、前記請求項1又は2に記載の光起電力素子の形成方法により、前記集電電極と前記端子が接合されたことを特徴とする光起電力素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光起電力素子及びその形成方法に係る。より詳細には、太陽電池としての信頼性や製造安定性が良好な、光起電力素子及びその形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光起電力素子を応用した太陽電池は、火力発電、水力発電などの既存発電方法の問題を解決する代替エネルギー源として注目されている。その中でも、アモルファスシリコン太陽電池は、結晶系の太陽電池に比較して低コストで、かつ大面積の太陽電池が製造できるため、各種の研究がなされている。このアモルファスシリコン太陽電池を実用化するに当たり重要な技術課題の1つとして、光電変換効率を向上させることが挙げられる。この技術課題を解決すべく、各種の検討が鋭意進められている。

【0003】ところで、アモルファスシリコン太陽電池の構成としては、例えば、ステンレス等からなる導電性基板上に、裏面電極、半導体層、受光面電極の順番で積層したものが公知である。この受光面電極は、例えば透明導電性酸化物によって形成される。

【0004】更に、電流を集めるための細い金属からなる集電電極が、前記受光面電極の表面上に堆積される。この集電電極は太陽電池の光入射面側に設けられるため、集電電極の面積はいわゆるシャドールロスとなり、太陽電池の発電に寄与する有効面積を減少させてしまう。このため、集電電極は比較的細い櫛状に形成される。また、前記集電電極は通常細く長く形成されるために、電気抵抗が少なくなるような材料及び断面形状設計が要求される。

【0005】また更に、前記集電電極によって集められ

た電流を集めるために、バスバー電極と呼ばれる比較的大きい金属からなる電極が形成される。

【0006】以下では、上述した構成の太陽電池において、変換効率を向上させる目的から、集電電極によるシャドールロス、及び電気抵抗ロスを最小限にする研究開発の現状について説明する。

【0007】前記集電電極やバスバーの材料としては、上述のシャドールロス、電気抵抗ロスを少なくするために銀や銅の様に比抵抗の低い金属体が用いられている。例えば銀の比抵抗は $1.62 \times 10^{-8} \Omega \text{cm}$ であり、銅の比抵抗は $1.72 \times 10^{-8} \Omega \text{cm}$ である。

【0008】上述した集電電極を形成する方法としては、例えば、蒸着法、メッキ法、スクリーン印刷法等の方法が用いられている。蒸着法では、堆積速度が遅いこと、真空プロセスを用いるためスループットが低いこと、また、線状のパターンを形成するためにはマスキングが必要であり、またマスク部分に堆積した金属は無駄になる等の問題点がある。一方、スクリーン印刷法の問題点としては低抵抗な電極を得ることが困難な点が挙げられる。例えば銀の導電性ペーストの比抵抗は、最も低いものでも $4.0 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}$ であり、純粋なバルクの銀よりも1桁比抵抗が小さい、すなわち1桁抵抗が高い。

【0009】従来、このような材料を用いて、集電電極の面積を変えずに抵抗を下げる方法としては以下の技術が知られている。

(イ) 電極の厚みを厚くする方法。この場合、実用的に可能な厚みは $10 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$ である。このような厚みでは、例えば 10cm 以上の長い集電電極を形成するためには、電気抵抗ロスを小さくするために必然的に集電電極幅が $200 \mu\text{m}$ 程度以上となりアスペクト比(厚みと幅の比)が $1:10$ の様に小さくなってしまいシャドールロスが大きいくという問題があった。

【0010】(ロ) 米国特許4,260,429号公報および米国特許4,283,591号公報において、金属ワイヤに導電性粒子を含むポリマーで被覆した電極を、集電電極とする方法が開示されている。米国特許4,260,429号公報に開示された集電電極の断面図を図1に示す。図1において、101は金属ワイヤ、102は導電性樹脂からなる被覆層である。

【0011】また、集電電極の末端が接続される金属ワイヤあるいは金属板からなる端子はタブと呼ばれる。タブに使用される材料としては、集電電極と同様に、銅、銅メッキ、銅、銀クラッド銅、銀メッキ銅等が挙げられる。タブは太陽電池の電力変換有効領域内に設けられることもあるが、シャドールスを考慮し有効領域外に設けられることが多い。有効領域外に設けられたタブについては、とくに形状がワイヤ状である必要はなく、テープ状でも構わない。

【0012】集電電極とタブの接続は、機械的な接続お

20

30

40

50

よび電気的な接続が必要なため、導電性接着剤のドッティングによる接着や半田付けによる接合が好適に利用される。

【0013】しかしながら、上述した集電電極とタブの接続に導電性接着剤を使用した場合、接着強度に問題があった。特に、集電電極に対して引っ張り方向に大きな力が加わった場合、集電電極とタブの接続がはずれ、太陽電池の変換効率が低下するという問題があった。

【0014】また、半田付けを使用した場合、導電性接着剤を除去しないと半田付けが困難であったり残留フラックスによる電極金属の腐食やラミネーション材の剥離や変色等、が生じることがあった。このような障害が発生した場合にも、太陽電池の変換効率の低下や素子自体の劣化が発生するという問題があった。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、集電電極とバスバーとを、機械的及び電気的に安定した接合状態とする光起電力素子の形成方法を提供することである。

【0016】また、本発明の他の目的は、上記光起電力素子の形成方法を用いることにより、初期の歩留が良好であり、長期信頼性に優れた、光起電力素子を提供することである。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明の光起電力素子の形成方法は、金属ワイヤからなる集電電極と、該集電電極と接する金属板からなる端子とを有する光起電力素子の形成方法において、前記金属板に付設された突起に前記集電電極を巻き付けた後、前記突起を加圧して変形、又は加圧して変形後、加熱することにより、前記集電電極と前記金属板を接合することを特徴とする。

【0018】また、本発明の光起電力素子の形成方法では、前記金属ワイヤが、導電性接着剤からなる被覆層を有することを特徴とする。

【0019】本発明の光起電力素子は、少なくとも1つ以上のpn接合またはpin接合からなる半導体層と、該半導体層の光入射側に配設された透明電極と、該透明電極上に配設された集電電極と、該集電電極と接する金属板からなる端子とを有する光起電力素子において、前記請求項1又は2に記載された光起電力素子の形成方法により、前記集電電極と前記端子が接合されたことを特徴とする。

【0020】

【作用】本発明の光起電力素子の形成方法は、金属ワイヤからなる集電電極と、該集電電極と接する金属板からなる端子とを有する光起電力素子の形成方法において、前記金属板に付設された突起に前記集電電極を巻き付けた後、前記突起を加圧して変形、又は加圧して変形後、加熱することにより、前記集電電極と前記金属板を接合するため、金属板すなわちタブに対する、集電電極の接

着面積が大きくなる。その結果、接着不良や初期のシリーズ抵抗のバラツキが少ない光起電力素子の形成方法が得られる。

【0021】上述した光起電力素子の形成方法では、従来のように集電電極とタブとの接合に半田を使用しないため、半田した部分にフラックスが残ることがない。その結果、長期の暴露試験時に発生するラミネーション材料の剥離や電極金属の腐食が減少した。

【0022】また、前記金属ワイヤが、導電性接着剤からなる被覆層を有するため、耐食性が良好で、長期信頼性の優れた光起電力素子の形成方法が得られる。

【0023】さらに、少なくとも1つ以上のpn接合またはpin接合からなる半導体層と、該半導体層の光入射側に配設された透明電極と、該透明電極上に配設された集電電極と、該集電電極と接する金属板からなる端子とを有する光起電力素子において、前記請求項1又は2に記載された光起電力素子の形成方法により、前記集電電極と前記端子が接合されたため、初期特性が良好で、信頼性が高い光起電力素子が得られる。

【0024】

【実施態様例】

（集電電極）本発明に係る集電電極としては図1に示すものが挙げられる。図1において、100は集電電極、101は金属体からなる金属ワイヤ、102導電性接着剤からなる被覆層である。

【0025】図1における金属ワイヤ101は線材として工業的に安定に供給されているものが好ましい。金属ワイヤ101を形成する金属体の材質としては比抵抗が $10^{-4}\Omega\text{cm}$ 以下の金属を用いることが好ましい。例えば、銅、銀、金、白金、アルミニウム、モリブデン、タングステン等の材料が電気抵抗が低く好適に用いられる。中でも銅、銀、金が電気抵抗が低く望ましい。また、前記金属ワイヤはこれらの合金であっても良い。

【0026】さらに、図2に示すとおり、所望に応じて前記金属ワイヤの表面に腐食防止、酸化防止、導電性接着剤、導電性接着剤との接着性向上、電気的導通の改良などの目的で薄い金属層203を形成しても良い。

【0027】該表面金属層は、例えば、銀、パラジウム、銀とパラジウムの合金、金などの腐食されにくい貴金属や、ニッケル、スズなどの耐食性の良い金属が挙げられる。中でも金、銀、スズが湿度などの影響を受けにくく金属層として好適に用いられる。

【0028】前記表面金属層の形成方法としては、例えば、メッキ法、クラッド法が好適に用いられる。また、前記金属をフィラーとして樹脂に分散して作製した導電性接着剤をコートしても良い。コート厚みは所望に応じて決定されるものであるが、例えば断面が円形の金属ワイヤであれば、金属ワイヤの直径に対して1%から10%の厚みが好適である。電気的導通、耐食性の効果、金属層厚みを考慮して金属層の比抵抗は 10^{-6} 乃至 100

10

20

30

40

50

$\Omega \text{ cm}$ が好適である。

【0029】前記金属ワイヤの断面形状は円形が好適であるが、矩形であっても良く所望に応じて適宜選択される。前記金属ワイヤの直径は、電気抵抗ロスとシャドーロスとの和が最小となる様に設計して選択されるものであるが、具体的には例えば直径 $25 \mu\text{m}$ から 1 mm までの銅線が好適に用いられる。より好ましくは $25 \mu\text{m}$ から $200 \mu\text{m}$ とすることで効率の良い太陽電池が得られる。 $25 \mu\text{m}$ より細い場合はワイヤが切れ易く製造が困難となり、また、電気ロスも大きくなる。また、 $200 \mu\text{m}$ 以上であるとシャドーロスが大きくなったり、太陽電池表面の凹凸が大きくなって表面を被覆する際にEVAなどの充填材を厚くしなければならなくなる。

【0030】この様な金属ワイヤは公知の伸線機によって所望の直径に成型して作られる。伸線機を通過した金属ワイヤは硬質であるが、伸び易さや曲げ易さなどの所望の特性に応じて公知の方法でアニールし、軟質にして用いても良い。

【0031】(導電性接着剤)本発明において、前記金属ワイヤを被覆するための導電性接着剤は、導電性粒子と高分子樹脂とを分散して得られる。前記高分子樹脂としては金属ワイヤに塗膜を形成し易く、作業性に優れ、柔軟性があり、耐候性が優れた樹脂が好ましく、具体的には熱硬化性樹脂としてはウレタン、エポキシ、ポリビニルホルマール、アルキド樹脂あるいはこれらを変性した樹脂等が好適な材料として挙げられる。とりわけ、ウレタン樹脂、エポキシ樹脂はエナメル線用絶縁被覆材料として用いられており柔軟性や生産性の面で優れた材料である。しかも、耐湿性、接着性の符でも光起電力素子の集電電極用材料として好適に用いられる。

【0032】熱可塑性樹脂としては、例えば、ブチラール、フェノキシ、ポリアミド、ポリアミドイミド、メラミン、アクリル、スチレン、ポリエステル、フッ素などが好適な樹脂として挙げられる。とりわけ、ブチラール樹脂、フェノキシ樹脂、ポリアミド樹脂、ポリアミドイミド樹脂が柔軟性、耐湿性、接着性の面で優れた材料で光起電力素子の集電電極材料として好適に用いられる。

【0033】前記導電性粒子は導電性を付与するための顔料であり、具体的な材料としては、例えば、カーボンブラック、グラファイトなどや In_2O_3 、 TiO_2 、 SnO_2 、ITO、 ZnO 及び前記材料に適当なドーパントを添加した酸化物半導体材料等が好適に用いられる。前記導電性粒子の粒径は、形成する前記被覆層の厚みよりも小さくする必要があるが、小さすぎると粒子同士の接触点での抵抗が大きくなるため所望の比抵抗が得られなくなる。この様な事情から前記導電性粒子の平均粒径としては $0.02 \mu\text{m}$ 乃至 $15 \mu\text{m}$ が好ましい。また、異なる2種類以上の導電性粒子を混合して、比抵抗や導電性接着剤内での分散度を調節しても良い。

【0034】さらに、ITO、 In_2O_3 、 TiO_2 、S

nO_2 、 ZnO 等の材料を用いることにより透光性を付与しても良い。中でもITOを用いることにより特に高い透光性が得られる。

【0035】(導電性粒子と高分子樹脂の混合)本発明において、前記導電性粒子と前記高分子樹脂とは所望の比抵抗を得るため好適な比率で混合される。導電性粒子を増加すると比抵抗は低くなるが樹脂の比率が少なくなるため塗膜としての安定性は悪くなる。一方、樹脂を増加すると導電性粒子同士の接触が不良となり高抵抗化する。したがって、好適な比率は、用いる高分子樹脂と導電性粒子及び所望の物性値によって適宜選択されるものである。具体的には、導電性粒子が5体積%から95体積%程度とすることで良好な比抵抗が得られる。

【0036】前記導電性接着剤の比抵抗としては、太陽電池によって発生する電流を集電するのに無視しうる抵抗で、かつ、シャントが生じない様に適度な抵抗値とすることが必要であり、具体的には 0.01 乃至 $100 \Omega \text{ cm}$ 程度が好ましい。 $0.01 \Omega \text{ cm}$ 以下であるとシャントを防ぐバリア機能が少なくなり、 $100 \Omega \text{ cm}$ 以上では電気抵抗ロスが大きくなるためである。

【0037】前記導電性粒子及び高分子樹脂の混合に際しては、3本ロールミル、ペイントシェーカー、ビーズミル等の通常の分散装置を用いることができる。分散を良好とするため所望に応じて公知の分散剤を添加しても良い。また、分散時あるいは分散後に導電性接着剤の粘度調整のため適当な溶剤で希釈しても良い。

【0038】(導電性接着剤)本発明に係る前記導電性接着剤層102は、前記集電電極を半導体層あるいは透明電極に接着固定する機能と集電する機能とを有する接着層である。前記導電性接着層を構成する導電性接着剤に含まれる高分子樹脂としては上述した樹脂の中でもとりわけ接着性が良好で柔軟性の良い樹脂が好適に用いられる。すなわち、ウレタン、エポキシ、フェノキシあるいはこれらを変性した熱硬化性樹脂や熱可塑性樹脂が好適な材料として挙げられる。とりわけウレタン樹脂は架橋密度を調整しやすい樹脂であるため好適に用いられる。

【0039】これらの樹脂は被覆後に未硬化の状態としておき、接着工程を経た後硬化させることが望ましい。そのために、前記高分子の硬化剤はブロックイソシアネートにすることが好ましい。ブロックイソシアネートは各ブロックイソシアネートのイソシアネート基の解離温度に加熱することにより硬化が進行する機構を持っている。そのため、解離温度以下で乾燥することにより、含まれていた溶剤が完全に除去され、粘着性、タック性がなくなるためリールにコイン状に巻き取り、保存可能になる。しかも、保存時にはイソシアネートの解離温度以上の熱を加えない限り、硬化が進行しないため、集電電極形成時に一様に十分な接着力が得られる。

【0040】前記導電性接着層の厚みは前記金属ワイヤ

の径によって異なるが、例えば前記金属ワイヤが100μmであれば前記導電性接着層はピンホールが無く、接着層としての機能が十分で有かつシャドウロスを極端に生じないために5乃至30μm程度が好適である。

【0041】前記導電性接着剤を前記金属ワイヤに被覆する方法としては通常のエナメル線の絶縁被覆膜の塗布方法が好適に用いることができるが、具体的には、前記導電性接着剤を適当な粘度となる様に溶剤で希釈し、前記金属ワイヤにロールコーターなどを用いてコートし、

所望の厚みを形成するためのダイスを通してその後加熱炉で溶剤乾燥させる。

【0042】(導電性接着層に用いる高分子樹脂の架橋の度合い)本発明において、電極を形成する工程の前後で、導電性接着層に用いる高分子樹脂の架橋の度合いはブロッカイソシアネート等の硬化剤を用いてコントロールする。その結果、加熱乾燥後、樹脂の硬化が進行せず保存性が良好で、電極形状の変化がなく良好な接着性を得られる。

【0043】前記高分子樹脂の架橋の度合いを測る方法としては、例えば、ゲル分率を測定する方法が挙げられる。すなわち、前記高分子樹脂片の試料をキシレンなどの溶媒に浸漬すると、ゲル化して架橋したゲル部分は溶出しないが、架橋していないゾル部分は溶出する。すなわち架橋が完了すればゾル部分の溶出はなくなる。次に前記試料を取り出しキシレンを蒸発させることによりゾル部分も除いた未溶解のゲル部分が残る。そこで、架橋しておらず溶出したゾル量を測定することによりゲル分率を求めることが出来る。以下に計算方法を示す。

【0044】ゲル分率 = (未溶解分の重量) / (試料の元の重量) × 100 (%)

このゲル分率が乾燥後に高いことにより集電電極を形成の際に接着力が低下する原因となる。更に、加熱圧着し形成された集電電極の導電性接着層のゲル分率が低いことにより湿度の影響で信頼性が低下する恐れがある。

【0045】そこで、前記金属ワイヤに接着層を被覆乾燥後、導電性接着層の高分子樹脂層のゲル分率を0%以上20%以下にすることにより、保存後にも初期接着性は変化しない。更に、集電電極を加熱圧着形成後の接着層のゲル分率が20%以上100%以下であることにより、使用中の信頼性も向上する。

【0046】(導電性接着層を金属ワイヤにコートする装置)本発明において、前記導電性接着剤を前記金属ワイヤにコートを行うのに好適な装置としては、例えば、図3に模式的に示したものが挙げられる。図3において、301は送り出しリール、302は金属ワイヤ、303は洗浄槽、304はコーター、305はダイス、306は乾燥炉、307は膜厚測定機、308はテンションコントローラー、309は整列巻き駆動装置、310は巻き取りリール、311は温度調節機である。

【0047】送り出しリール301は被覆層形成前の金

属ワイヤが巻いてあるボビンである。洗浄槽303は所望に応じて用いるものであるが、アセトン、MEK、IPAなどの溶剤を満たしたタンクであって金属ワイヤ302の表面の汚れを洗浄するものである。

【0048】コータ304は導電性接着剤を金属ワイヤ302に塗布する装置である。コータ304には塗布する導電性接着剤が一定量貯められているが所望に応じて粘度調整のための溶剤添加機構や温度調整機構、導電性接着剤補充機構、ろ過機構などを追加しても良い。

【0049】ダイス305は塗布した導電性接着剤を所望の厚みとなる様に制御するためのものである。前記ダイス305は市販のエナメルコート用のものが好適に用いられる。また、所望に応じてフェルトを用いても良い。

【0050】乾燥炉306は塗布した導電性接着剤の溶剤を除去して乾燥させたり、あるいは熱硬化させたりするためのもので熱風乾燥機や赤外線乾燥機などが所望に応じて用いられる。

【0051】膜厚測定器307は塗布した導電性接着剤の厚みを測定し管理するためのものであり、市販の外径測定器が好適に用いられる。前記膜厚測定機307で測定した膜厚から送り速度や導電性接着剤粘度などのフィードバック制御を行っても良い。

【0052】テンションコントローラー308は金属ワイヤ302をたるみが生じない様にかつ降伏点以上の力がかからない様に一定の張力に保つ装置である。

【0053】整列巻き駆動装置309は巻き取りリール310に巻き取る際にワイヤの間隔を制御しながら巻き取るための装置である。巻き取りリール310は不図示のモーターによって所望の送り速度となるように回転駆動される。

【0054】温調機311は乾燥炉306の温度を設定値に保つためのものである。所望に応じてスライダック、オンオフ制御、PID制御などの公知の方法を選択して用いられる。

【0055】図3では縦形装置を示したが、金属ワイヤの搬送方向は縦方向でも横方向でも良く、所望に応じて設計されるものである。

【0056】また、複数の導電性接着剤の塗布を行う必要がある場合には、1層ごとにコート後にボビンに巻き取っても良いが、場合によっては連続して複数の層を塗って最後にボビンに巻き取っても良い。また、図3では1本の金属ワイヤの塗布機であるが同時に複数本の塗布を行っても良い。

【0057】導電性接着剤を被覆した前記金属ワイヤはボビンに巻き取った状態で保存し、太陽電池の集電電極を形成する際に適宜巻き出して用いる。

【0058】(タブ)本発明に係るタブとは、集電電極で集電した電流をさらに集め、太陽電池セルの出力端子として使用する電極を指す。

【0059】タブには、数本から数十本の集電電極で集電された電流が流れるため、集電電極に使用される金属ワイヤよりも比較的、径の大きな金属ワイヤや金属板を使用する。この金属ワイヤはバスバーと呼ばれる。バスバーに使用する金属ワイヤとしては、例えば、銅、錫メッキ銅、銀クラッド銅、銀メッキ銅等が、抵抗が低く、電力損失も少ないため好適に使用される。バスバーに使用するワイヤの径は、集電される電流による電力損失とバスバーによるシャドーロスが最低となるように設計する。太陽電池の有効領域内に配置されるバスバーはシャ

ドーロスを生じるため、集電電極と同様にアスペクト比を1:1に近づけた方がよい。

【0060】タブは太陽電池の有効面積外に配置してもよい。この場合、シャドーロスは考慮する必要はなく、製品の面積が許す範囲内でタブを配置する。この時のタブの形状はワイヤ状、テープ状等比較的自由的な形態が選べる。

【0061】本発明において使用するタブは、ワイヤ状で供給される集電電極を巻き付け（以下では、ワイヤラッピングと呼称する）、機械的に固定する突起（以下では、ピンと呼称する）を有する。ピンの形状は集電電極を巻き付けることができれば棒状でも板状でも構わない。しかし、ピンの材質としては適当な圧力で変形し潰れるようなものが好ましい。このような材料としては、例えば、銅、アルミニウム等が挙げられる。

【0062】ワイヤの巻き付けにはワイヤラッパーと称されるワイヤラッピング用の工具を使用する。ピンの径にあわせてラッピングヘッドを替えることができる。

【0063】ワイヤを巻き付けた後に、ピンを押しつぶし、ワイヤとタブを圧着する。圧着は市販の圧着工具やプレス機で行う。ピンはワイヤが切断しない程度でリベット接合を行うときのようにつぶせばよい。あるいは、ワイヤを挟み込むように折り曲げてよい。この時、圧力だけでなく加熱してもよい。加熱することにより集電電極の被覆層の変形と硬化が起こり、タブとの密着性が増し機械的、電気的接続が強化できる。

【0064】図2は、本発明に係る集電電極とピンの好適な接合部を示した模式的断面図である。集電電極504として前記被覆ワイヤ100を有効面積内に納まるように両タブ502間にワイヤラッピングで張った。

【0065】図2(a)は集電電極がタブのピンにワイヤラッピングされた状態を示した模式的断面図であり、図2(b)は図2(a)に示したタブのピンが折り曲げられた状態を示した模式的断面図である。図2(c)は集電電極がタブのピンにワイヤラッピングされた他の状態を示した模式的断面図であり、図2(d)は図2(c)に示したタブのピンが押しつぶされた状態を示した模式的断面図である。

【0066】図2において、200は太陽電池、201は基板、202は両面接着テープ、203はタブ（ブラ

ス電極）、204は集電電極、205はブッシング、206はタブのピンである。

【0067】（光起電力素子）本発明の光起電力素子としては、例えば、図4～図8に模式的に示した太陽電池が挙げられる。

【0068】図4は、基板と反対側から光入射するアモルファスシリコン系太陽電池の模式的断面図である。図4において、401は基板、402は下部電極、403、413、423はn型半導体層、404、414、424はi型半導体層、405、415、425はp型半導体層、406は透明導電膜、407は集電電極を表す。

【0069】図5は、図4の太陽電池を光入射側から見た図である。図5において、501は太陽電池基板、502はプラス電極、503はマイナス電極、504は集電電極を表す。

【0070】本発明の集電電極とタブとの接合方法を用いるのに好適な太陽電池構成としては、光入射側と反対に形成される裏面電極である第1の電極と、前記第1の電極上に設けた発電に寄与する半導体層と、前記半導体層の光入射面側に設けた本発明の集電電極からなる構成が好ましい。

【0071】アモルファスシリコン系太陽電池400のように、半導体層が薄膜である場合には、支持基板401が必要となり、前記支持基板としては絶縁性あるいは導電性基板が用いられる。

【0072】支持基板401として、導電性基板であるステンレスやアルミ等の金属基板が用いられる場合には、支持基板401が前記裏面電極（第1の電極）の役目も果たす。一方、ガラス、高分子樹脂、セラミック等の絶縁性基板を用いる場合には、基板上にクロム、アルミニウム、銀等の金属を蒸着し、裏面電極とする。

【0073】下部電極402は、半導体層403、404、405、413、414、415、423、424、425で発生した電力を取り出すための一方の電極であり、半導体層403に対してはオーミックコンタクトとなる仕事関数を持つことが要求される。材料としては、例えば、Al、Ag、Pt、Au、Ni、Ti、Mo、W、Fe、V、Cr、Cu、ニクロム、SnO₂、In₂O₃、ZnO、ITO等のいわゆる金属体または合金及び透明導電性酸化物(TCO)等が用いられる。下部電極の表面は平滑であることが好ましいが、光の乱反射を起こさせる場合にはテクスチャー化してもよい。また、基板401が導電性である場合、下部電極402を設けなくてもよい。下部電極302はメッキ、蒸着、スパッタ等の公知の方法で形成することができる。

【0074】アモルファスシリコンからなる半導体層は、n層403、i層404、p層405としたシングル構成だけでなく、pin接合またはpn接合を重ねたダブル構成、トリプル構成も好適に用いられる。特に、

i層の404、414、424を構成する半導体材料としてはa-Siの他にa-SiGe、a-SiC等いわゆるIV族及びIV族合金系アモルファス半導体が挙げられる。

【0075】アモルファスシリコンからなる半導体層の成膜方法としては、例えば、蒸着法、スパッタ法、高周波プラズマCVD法、マイクロプラズマCVD法、ECR法、熱CVD法、LPCVD法等公知の方法を所望に応じて用いる。成膜装置としては、バッチ式の装置や連続成膜装置等が所望に応じて使用出来る。

【0076】透明導電膜406は、アモルファスシリコンのようにシート抵抗が高い場合必要であり、かつ、光入射側に位置するために透明であることが必要である。透明導電膜406の材料としては、例えば、 SnO_2 、 In_2O_3 、 ZnO 、 CdO 、 CdSnO_3 、ITO等の金属酸化物が用いられる。

【0077】本発明の集電電極からなる第2の電極504は前記半導体層の光入射面側に配置されるが、配置方法としては集電の電気抵抗による損失とシャドウロスとの和が最小となる様に適当な間隔で平行に配置するのが好ましい。例えばシート抵抗が $100\Omega/\square$ 程度であれば集電電極の間隔は5mm程度が好ましい。また、細い径のワイヤを用いた場合にはピッチを狭くし、太い径のワイヤを用いた場合にはピッチを広くするという最適化を行うことで最高の効率が得られる。

【0078】本発明のワイヤ状の集電電極は、とりわけ大面積の太陽電池を形成する場合に適しており、例えば、30cm角の太陽電池を作製する場合には、半導体層上に30cmの長さの本発明の電極を平行に所定の間隔で設置して集電電極を形成すれば良い。さらに前記集電電極からひとつの端子に電流を流すための比較的大きな電流が流せるために集電部としてタブを配置しても良い。

【0079】タブは太陽電池の有効領域を挟んで両端に、平行に配置する。タブにはピンが設けられており、2つのタブのピン間に集電電極を巻きつけ集電電極を必要の本数だけ太陽電池の有効領域上に張る。その後、圧力や熱をタブ上加え、タブと集電電極を結合すればよい。

【0080】集電電極とタブは本発明の光起電力素子の形成方法により、機械的、電氣的に接合される。

【0081】集電電極もまた、熱圧着で太陽電池表面に接着させる。集電電極とタブの熱圧着は、同時に行ってもよいし、タブを圧着した後、集電電極を熱圧着してもよい。

【0082】本発明における太陽電池のモジュール化としては、以上のように作製された太陽電池に対して、屋外使用の際、耐候性を良くし機械的強度を保つ目的から、公知の方法で行うエンカプシュレーションがある。

【0083】具体的なエンカプシュレーション用材料と

しては、接着層についてはEVA（エチレンビニルアセテート）等が好適に用いられる。また、機械的強度を向上するためにクレーンガラス等にEVAを含浸させても良い。さらに、耐湿性や耐傷性を向上させるために、表面保護層としてフッ素系の樹脂が積層される。例えば、4フッ化エチレンの共重合体TFE、4フッ化エチレンとエチレンの共重合体ETFE、ポリフッ化ビニル、ポリクロロフルオロエチレンCTFE等が挙げられる。また、これらの樹脂に紫外線吸収剤を加えることで耐熱性を向上させても良い。これらの樹脂を太陽電池基板と積層する方法としては、例えば、真空ラミネートのような市販の装置を用いて、真空中で加熱、圧着することが可能である。

【0084】（光起電力素子の製造方法）本発明に係る光起電力素子すなわち太陽電池を作製する方法としては、前記集電電極を光入射側の半導体層または透明導電膜の上に熱または圧力あるいは熱と圧力で接着する方法が好ましい。加熱温度としては接着層となる導電性接着剤の軟化点以上の温度にすることが好ましく、前記接着層が軟化して前記集電電極が太陽電池表面に接着する。

【0085】また、前記導電性接着剤の硬化剤がブロックイソシアネートからなる場合には、前記ブロックイソシアネートの解離温度以上の温度にし接着工程中に熱硬化させることが好ましい。また、圧力としては前記接着層が適度に変形する圧力が好ましく、太陽電池を破壊しない程度の圧力以下でなければならない。具体的には例えば、アモルファスシリコンのような薄膜太陽電池では $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ から $1.0\text{kg}/\text{cm}^2$ が好適である。接着方法としては、前記接着層がホットメルトタイプであれば、熱により軟化させて太陽電池に接着させることが好ましいが、接着時に適度な圧力を加えても良い。また、前記接着層が熱可塑性であれば加熱により軟化するが、熱硬化性の樹脂の場合は、ワイヤへの塗布を行う時に硬化反応させずに溶剤の乾燥のみ行って、接着時に加熱により硬化させても良い。

【0086】また、本発明は上記示した太陽電池以外の太陽電池にも好適に用いられることは言うまでもない。

【0087】（光起電力素子の製造方法）本発明に係る光起電力素子すなわち太陽電池を作製する方法では、太陽電池として有効な領域外に、対称となるように金属板に垂直なピンを有するタブを設ける。次に、集電電極を前記タブのピン間に巻き付け集電電極を張る。次に、前記ピンを加圧して変形、又は加圧して変形後、加熱して集電電極を固定する。

【0088】加圧力としては、タブに設けられたピンが変形する程度でよく、具体的には $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ から $1.0\text{kg}/\text{cm}^2$ が好適である。

【0089】加熱温度としては、前記導電性接着剤の硬化剤がブロックイソシアネートからなる場合には前記ブロックイソシアネートの解離温度以上の温度にし接着工

程中に熱硬化させることが好ましい。あるいは、集電電極を太陽電池表面に接着する時に、同時に硬化させても良い。

【0090】前記集電電極の光入射側の半導体層または透明導電膜上の接着は、熱または圧力あるいは熱と圧力で接着する方法が好ましい。加熱温度としては接着層となる前記被覆層の導電性接着剤の軟化点以上の温度にすることが好ましく、前記接着層が、軟化して前記集電電極が太陽電池表面に接着する。

【0091】前記導電性接着剤の硬化剤がブロックイソシアネートからなる場合には前記ブロックイソシアネートの解離温度以上の温度にし接着工程中に熱硬化させることが好ましい。また、圧力としては接着層となる前記被覆層が適度に変形する圧力が好ましく、太陽電池を破壊しない程度の圧力以下でなければならない。具体的には例えば、アモルファスシリコンのような薄膜太陽電池では 0.1 kg/cm^2 から 1.0 kg/cm^2 が好適である。

【0092】接着方法としては、接着層となる前記被覆層がホットメルトタイプであれば、熱により軟化させて太陽電池に接着させることが望ましいが、接着時には適度な圧力を加えても良い。また、前記被覆層が熱可塑性であれば加熱により軟化するが、熱硬化性の樹脂の場合は、ワイヤへの塗布を行う時に硬化反応はさせずに溶剤の乾燥のみ行って、接着時に加熱により硬化させても良い。

【0093】また、本発明は、上記に示した太陽電池以外の太陽電池及び光起電力素子にも適応可能であることは言うまでもない。

【0094】

【実施例】以下、実施例により、本発明に係る光起電力素子である太陽電池の構成、及び、太陽電池製造方法について更に詳しく説明するが、本発明はこれらの実施例により限定されるものではない。

【0095】（実施例1）本例では、図2（b）に示したとおりタブのピンを折り曲げて、集電電極とタブを接続した。

【0096】以下では、本例の集電電極の形成方法を、手順にしたがって説明する。集電電極の構造は図1に示すものとした。

【0097】（1）被覆層102を形成するための導電性接着剤は、次のように作製した。第1に、溶剤としてシクロヘキサノン 2.5 g を分散用シェーク瓶に入れた。第2に、主剤となるウレタン樹脂を 22.0 g 、及びフェノキシ樹脂 2.0 g を、前記シェーク瓶に加えボールミルで十分攪拌した。第3に、硬化剤としてブロックイソシアネート 1.1 g を、分散用ガラスビーズ 10 g と共に前記溶液に加えた。第4に、導電性粒子として平均の一次粒径が $0.05 \mu\text{m}$ のカーボンブラック 2.5 g を前記溶液に加えた。

【0098】（2）以上の材料を投入したシェーク瓶を東洋精機製作所社製ペイント・シェーカーにて10時間分散した。その後、出来上がった導電性接着剤から分散用ガラスビーズを取り除いた。該導電性接着剤の平均粒子径を測定したところ約 $1 \mu\text{m}$ であった。ペイントシェーカーの代わりにビーズミルを用いても同様の結果であった。

【0099】（3）前記導電性接着剤を前記硬化剤の標準硬化条件である温度 160°C 、時間30分で硬化させ、その体積抵抗率を測定したところ、 $0.5 \Omega\text{cm}$ であり十分低抵抗であることを確認した。

【0100】以下では、図3に示した縦型のワイヤコート機300を用いて、被覆層102を形成する方法について説明する。

【0101】（4）送り出しリール301に金属ワイヤ307を巻いたリールを設置し、巻き取りリール310に向け前記金属ワイヤを張った。次に、コーターに前記ペーストを注入した。

【0102】塗布速度は 40 m/min で滞留時間が 2 sec 、乾燥炉306の温度は 120°C とし、5回に分けてコートした。使用したエナメルコート用ダイスの径は $150 \mu\text{m}$ から $200 \mu\text{m}$ までを順次用いた。前記ワイヤに塗布されたペーストは溶剤が揮発し未硬化状態で存在する。被覆層102の厚さは平均 $20 \mu\text{m}$ で、コートした結果（ 100 m 長さあたり）から膜厚のバラツキは $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 以内に納まっていた。

【0103】以下では、図4（c）に示した層構成で、グリッド長が 30 cm のグリッド電極を有するpin接合型トリプル構成のアモルファスシリコン太陽電池400の作製方法について、手順にしたがって説明する。

【0104】（5）十分に脱脂、洗浄したSUS430BA基板401を不図示のDCスパッタ装置に入れAgを 400 nm 堆積し、その後ZnOを 400 nm を堆積して下部電極402を形成した。基板を取り出し、不図示のマイクロ波プラズマCVD成膜装置に入れ、n層403にシリコン層、i層404にシリコンゲルマニウム層、p層405にシリコン層の順でボトム層を形成した。次に、同様にしてn層413にシリコン層、i層414にシリコンゲルマニウム層、p層415にシリコン層の順でミドル層を順次形成した。更に、n層423、i層424、p層425の順でシリコン層のトップ層を形成し、半導体層の堆積を終えた。その後、不図示の抵抗加熱の蒸着装置に入れ、反射防止効果を兼ねた機能を有する透明導電膜406としてITOを成膜した。

【0105】（6）太陽電池基板401を、面形状が 30 cm 角で、セルの有効面積が 900 cm^2 となるように、塩化第2鉄を主成分とするエッチングペーストと市販の印刷機を用いて不要部分の透明導電膜を除去した。

（7）図5に示すとおり、硬質銅のマイナス電極503とタブ502を設けた。タブ部の断面形状は図2（a）

に示す。タブ203は太陽電池基板201に両面テープ202で固定した。タブのピンは7mm間隔で設けた。

【0106】集電電極504として前記被覆ワイヤ100を有効面積内に納まるように両タブ502間にワイヤラッピングで張った。

(8) タブのピン206を図2(b)に示すように曲げ、不図示の加圧装置を用いて圧着した。圧力は1kg/cm²で行った。

【0107】(9) 前記集電電極504を太陽電池基板501のセル面およびタブに接着するために、不図示の加熱装置を用いて加熱圧着し、図5に示す30cm角のトリプルセルを作製した。加熱条件は、温度200℃、時間45秒、圧力1kg/cm²とした。

【0108】(10) この試料のエンカプシュレーションを以下に行った。太陽電池基板501の上下にクレンジングガラス及びEVAを積層し、さらにその上下にフッ素樹脂フィルムETFE(デュボン社製テフゼル)を積層し、真空ラミネータに投入して、温度150℃で時間60min保持し、ラミネーションを行った。

【0109】以上の工程(1)～工程(10)により、同様の太陽電池モジュールを50個作製した。

【0110】以下では、得られた試料の初期特性評価に関して述べる。

(a) 試料の暗状態における電圧-電流特性を測定し、原点付近の傾きからシャント抵抗を調べた。その結果、シャント抵抗は500kΩcm²～700kΩcm²であり良好な値を示した。

(b) AM1.5グローバルの太陽光スペクトルで100mW/cm²の光量の疑似太陽光源(以下シミュレーターと呼ぶ)を用いて太陽電池特性を測定し変換効率を求めた。その結果、変換効率は9.0%±0.02%であり、ばらつきも少なく良好な値であった。

(c) シリーズ抵抗を測定したところ、平均値が32.0Ωcm²であり良好な値であった。

(d) I-Vカーブが正常なものの歩留まり率は98%と良好であった。

【0111】以下では、得られた試料に対して行った信頼性試験に関して述べる。本発明の信頼性試験は、日本工業規格C8917の結晶系太陽電池モジュールの環境試験方式、及び、耐久試験方法に定められた温湿度サイクル試験A-2に基づいて行った。具体的には、試料を温湿度が制御できる恒温恒湿器に投入し、温度を-40℃から+85℃(相対湿度85%)に変化させるサイクル試験を20回繰り返した。その後、初期特性評価と同様にシミュレーターを用いて変換効率を調べた。その結果、信頼性試験後の変換効率は、初期変換効率に対して平均で2%の低下があった。この低下量から、有意な劣化は生じなかったと判断した。

【0112】したがって、上述した本例の結果から、本発明の金属板に付設された突起に集電電極を巻き付けた

後、前記突起を加圧して変形させることにより、前記集電電極と前記金属板を接合する光起電力素子の形成方法によれば、良好な特性を有し、かつ、信頼性も高い光起電力素子が得られることが分かった。

【0113】さらに、これらの試料の機械的強度を確認するために、ベンディング試験を不図示のベンディング試験機で行った。試料の両タブ側の端部を固定しベンディングを行った。これにより、タブ部に引っ張り力がかかることになる。ベンディング試験を試料の上下方向を変えて、合計20,000回行った。

【0114】次に、試験終了後の試料を初期と同様にシミュレーターを用い太陽電池特性を測定したところ、初期変換効率に対して平均で3%の低下であり有意な劣化は生じなかった。

【0115】(比較例1) 本例では、図6に示したとおり導電性接着剤を用いて、集電電極とタブを接続した点の実施例1と異なる。但し、集電電極としては、実施例1と同じものを使用した。

【0116】以下では、本例の集電電極の形成方法を、手順にしたがって説明する。

(1) タブ604は硬質銅を使用し、集電電極602を7mm間隔で太陽電池基板601の有効領域上に布線し、タブの外でカプトンテープ603で仮止めした。

(2) タブと集電電極が交差している箇所に銀ペースト605をドットングした後、硬化させた。

【0117】(3) 銀ペーストの硬化後、仮止めに使用したカプトンテープとタブからはみだした集電電極を除去した。

(4) 上記工程(3)で得られた試料に対して、実施例1と同様の方法でエンカプシュレーションを行った。

【0118】他の点は、実施例1と同様とした。以上の工程(1)～工程(4)により、同様の太陽電池モジュールを50個作製した。

【0119】以下では、得られた試料の初期特性評価(実施例1と同様の測定条件)に関して述べる。まず、シリーズ抵抗を調べたところ40Ωcm²程度であり良好であった。次に、変換効率を求めたところ9.0%±0.05%でありばらつきも少なかった。

【0120】以下では、得られた試料に対して実施例1と同様の信頼性試験を行った後、初期特性評価と同様にシミュレーターを用いて変換効率を調べた結果に関して説明する。信頼性試験後の変換効率は、初期変換効率に対して平均で3%の低下であり、有意な劣化は生じなかった。

【0121】さらに、これらの試料の機械的強度を確認するために、ベンディング試験を実施例1と同様に行った。次に、試験終了後の試料を初期と同様にシミュレーターを用い太陽電池特性を測定したところ、初期変換効率に対して平均で15%の低下であり有意な劣化が生じていた。また、シリーズ抵抗を測定したところ、平均で1

0.1 $\Omega \text{ cm}^2$ まで上昇していた。

【0122】以上の結果から、比較例1における変換効率の劣化原因はシリーズ抵抗の上昇によるものであることが分かった。これは、ベンディングにより集電電極に引っ張り応力が働き、タブと銀ペーストの接合部が剥れているためと推測される。

【0123】上述した実施例1と比較例1の結果から、本発明の集電電極を用いた太陽電池は初期の歩留まりが良く、信頼性が良好であることが分かった。

【0124】（実施例2）本例では、図2（d）に示したとおりタブのピンを押しつぶして、集電電極とタブを接続した点が実施例1と異なる。但し、集電電極としては、実施例1と同じ物を使用した。

【0125】以下では、本例の集電電極の形成方法を、手順にしたがって説明する。

（1）タブ203はアルミニウム製で図2（c）の203に示す形態に部品を加工して用いた。ブッシング205としては耐熱性プラスチック製の部品を使用した。太陽電池の有効領域外の基板に7mm間隔で穴を開け、ブッシング及びタブを取付け固定した。

（2）集電電極204として、前記被覆ワイヤ204を有効面積内に納まるように両タブ203間にワイヤラッピングで張った。

【0126】（3）タブのピン203を図2-dに示すように不図示の圧着機で押しつぶし、圧着した。圧力は1kg/cm²で行った。

（4）実施例1と同様、前記集電電極204を太陽電池基板201のセル面に接着した。更に、エンカプシュレーションを行った。

【0127】（5）上記工程（4）で得られた試料に対して、実施例1と同様の方法でエンカプシュレーションを行った。

他の点は、実施例1と同様とした。以上の工程（1）～工程（5）により、同様の太陽電池モジュールを50個作製した。

【0128】以下では、得られた試料の初期特性評価（実施例1と同様の測定条件）に関して述べる。まず、変換効率が9.0%±0.05%、シリーズ抵抗が30 $\Omega \text{ cm}^2$ ～35 $\Omega \text{ cm}^2$ であり、良好な特性が得られた。また、I-Vカーブが正常なものの歩留まり率は94%で良好であった。

【0129】以下では、得られた試料を温度85℃、相対湿度85%の環境下で1000時間曝露した後、初期特性評価と同様にシミュレーターを用いて変換効率を調べた結果に関して説明する。この信頼性試験後の変換効率は、初期変換効率に対して平均で2%の低下であり、有意な劣化は生じなかった。

【0130】したがって、上述した本例の結果から、本発明の集電電極を用いた太陽電池は良好な特性であり、信頼性も高いことが分かった。

【0131】（比較例2）本例では、図6に示したとおり半田を用いて、集電電極とタブを接続した点が実施例1と異なる。但し、集電電極としては、実施例1と同じものを使用した。

【0132】以下では、本例の集電電極の形成方法を、手順にしたがって説明する。

（1）タブ604は硬質銅を使用し、集電電極602を7mm間隔で太陽電池基板601の有効領域上に布線し、タブの外でカプトンテープ603で仮止めした。

（2）タブと集電電極が交差している箇所の被覆層を除去し、タブと集電電極を半田付けした。

【0133】（3）半田付け後、仮止めに使用したカプトンテープとタブからはみだした集電電極を除去した。

（4）上記工程（3）で得られた試料に対して、実施例1と同様の方法でエンカプシュレーションを行った。

他の点は、実施例1と同様とした。以上の工程（1）～工程（4）により、同様の太陽電池モジュールを50個作製した。

【0134】以下では、得られた試料の初期特性評価（実施例1と同様の測定条件）に関して述べる。まず、シリーズ抵抗を調べたところ40 $\Omega \text{ cm}^2$ 程度であり、良好であった。次に、変換効率を求めたところ9.0%±0.05%であり、良好であった。

【0135】以下では、得られた試料を温度85℃、相対湿度85%の環境下で1000時間曝露した後、初期特性評価と同様にシミュレーターを用いて変換効率を調べた結果に関して説明する。この信頼性試験後の変換効率は、初期変換効率に対して平均で15%の低下であり、有意な劣化が生じていた。試料を観察するとタブ付近が少し変色していた。また、シリーズ抵抗を測定したところ、平均で10.1 $\Omega \text{ cm}^2$ まで上昇していた。

【0136】以上の結果から、比較例2における変換効率の劣化原因は、高温高湿の環境下で、集電電極とタブとの電気的接合が、残留フラックスの影響で腐食し劣化したためであることが分かった。

【0137】上述した実施例2と比較例2の結果から、本発明の集電電極を用いた太陽電池は初期の歩留まりが良く、信頼性が良好であることが分かった。

【0138】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1及び2に係る発明によれば、集電電極とバスバーとを、機械的及び電氣的に安定した接合状態とする光起電力素子の形成方法が得られる。

【0139】また、請求項3に係る発明によれば、初期の歩留まりが良好であり、長期信頼性に優れた、光起電力素子が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る被覆層を設けた集電電極の構成を模式的に示す断面図である。

【図2】本発明に係る集電電極と金属板からなる端子の

接合方法を模式的に示す断面図である。

【図3】本発明に係る被覆層を設けた集電電極の作製に用いたワイヤコート装置の模式図である。

【図4】本発明に係るアモルファスシリコン系太陽電池の構成を模式的に示す断面図である。

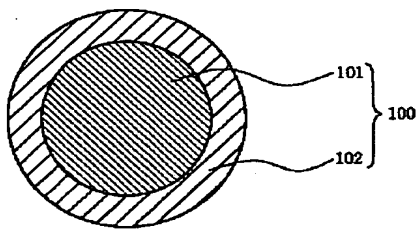
【図5】本発明に係る太陽電池の構成を模式的に示す平面図である。

【図6】従来例に係る銀ペーストを用いた集電電極の構成を模式的に示す断面図である。

【符号の説明】

100、204、407、504、602 集電電極、
101、302 金属ワイヤ、
102 被覆層、
200、400、500 太陽電池、
201、401、501、601 基板、
202 両面接着テープ、
203、502、604 タブ（プラス電極）、
301 送り出しリール、

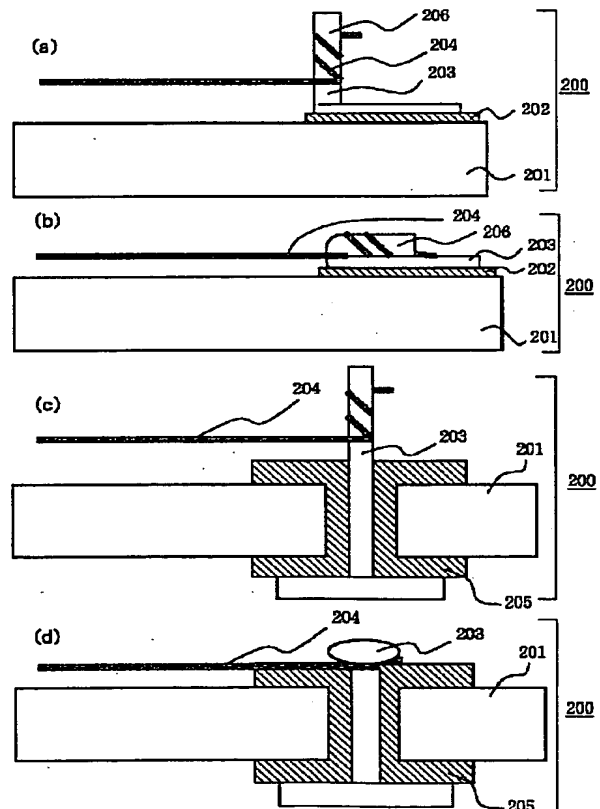
【図1】



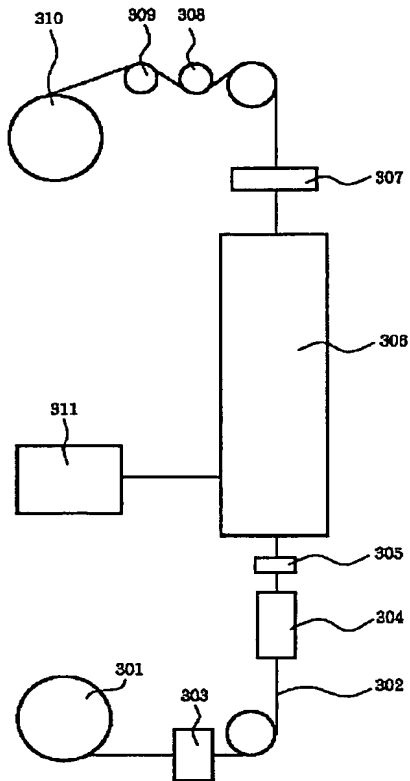
* 303 洗浄槽、
304 コータ、
305 ダイス、
306 乾燥炉、
307 膜厚測定器、
308 テンションコントローラ、
309 整列巻き駆動装置、
310 巻き取りリール、
311 温調器、
10 402 下部電極、
403、413、423 n型半導体層、
404、414、424 i型半導体層、
405、415、425 p型半導体層、
406 透明導電膜、
503 マイナス電極、
603 カプトンテープ、
605 銀ペースト。

*

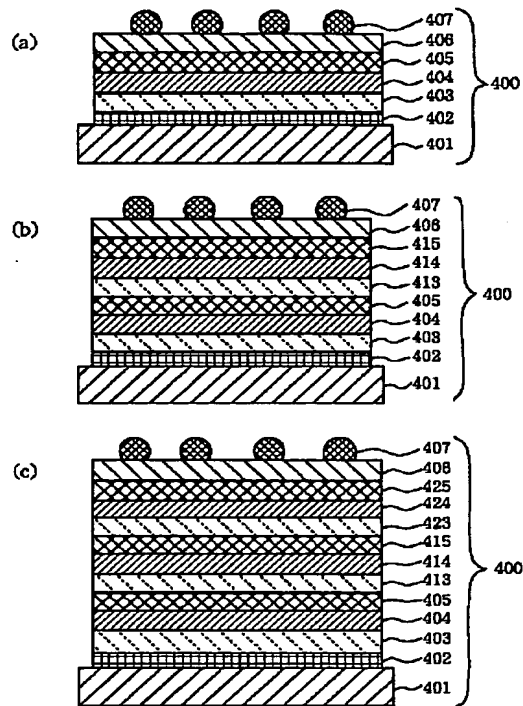
【図2】



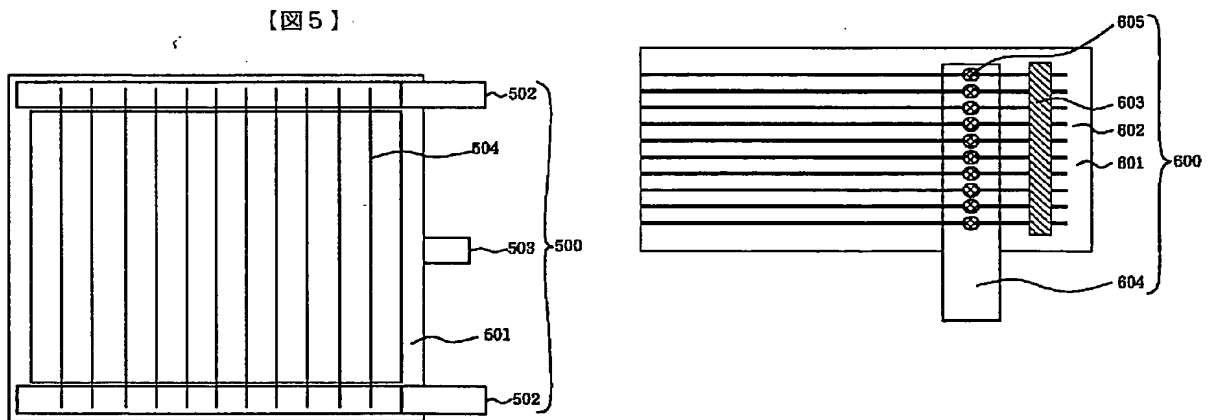
【図3】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 一ノ瀬 博文
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャ
ン株式会社内

(72)発明者 村上 勉
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャ
ン株式会社内